

Projet n°.AURG/2/161

Aval Fonio

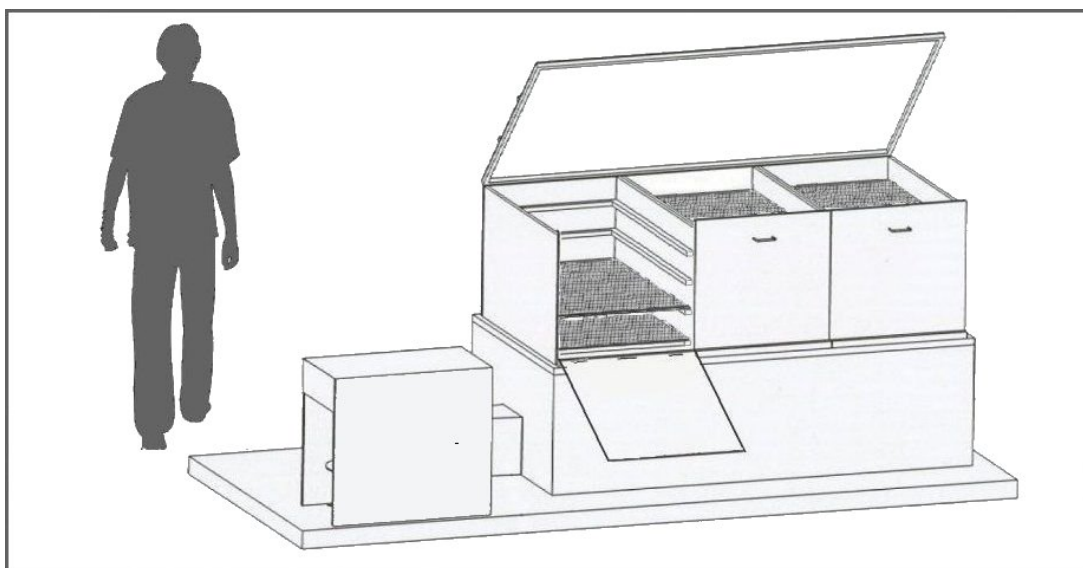
Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique

WORK PACKAGE 3

Amélioration des technologies de transformation et de stabilisation du fonio

Livrable 15

Manuel d'utilisation du séchoir CSec-T



Auteurs: CRUZ J.-F., RIVIER M., FERRE T., DELPECH A., DIALLO A., KEBE C. M. F.

Mars 2016

Coordination générale du projet : CRUZ Jean-François (Cirad)

CIRAD (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) - France

Projet n°.AURG/2/161

Aval Fonio

Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique

WORK PACKAGE 3

Amélioration des technologies de transformation et de stabilisation du fonio

Livrable 15

Manuel d'utilisation du séchoir CSec-T

Auteurs: CRUZ J.-F., RIVIER M., FERRE T., DELPECH A., DIALLO A., KEBE C. M. F.

Mars 2016

Coordination générale du projet : CRUZ Jean-François (Cirad)

CIRAD (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) - France

Auteurs:

CRUZ Jean-François (1), RIVIER Michel (1), FERRE Thierry (2), DELPECH Antoine (1), DIALLO Abdoul (3), KEBE Cheikh Mouhamed Fadel (3).

(1) Cirad (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)
UMR QualiSud, Département PERSYST, TA B-95/15, 73 rue Jean François Breton,
34398 Montpellier Cedex 5, France.

(2) Cirad (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)
UMR Innovation, Département ES, TA C-85/15, 73 rue Jean François Breton,
34398 Montpellier Cedex 5, France.

(3) ESP- UCAD (Ecole Supérieure Polytechnique - Université Cheikh Anta Diop)
Dakar Fann, Sénégal

Ce travail a été réalisé en collaboration avec MEOT Jean-Michel (Cirad), GOLI Thierry (Cirad), ANNE Alkassoum Abdoulaye (ESP-UCAD, Sénégal), TANGARA Kola (IER, Mali), MEDAH Ignace (IRSAT, Burkina Faso)

Les auteurs remercient les petites entreprises qui ont participé aux essais des premiers prototypes et notamment les entreprises « DANAYA Céréales » au Mali et « TOUT Super » au Burkina Faso.

Nota : Ce travail est soutenu financièrement par l'Union Africaine (procédure EuropeAid). Il ne reflète pas nécessairement les vues et en aucun cas ne préfigure la politique future de l'Union Africaine dans le domaine.

Illustration de de couverture : Dessin du séchoir à flux traversant (Cruz *et al*, 2011)

SOMMAIRE

	Pages
1) Le séchoir à flux traversant CSec-T	3
2) Réglages préalables	4
2.1) Réglage du débit d'air	4
2.2) Réglage de la température de l'air chaud	5
3) Fonctionnement du brûleur	5
4) Préparation du produit à sécher et chargement des claies	5
5) Mise en route du séchoir	6
6) Permutation des claies	6
7) Arrêt du séchoir en fin de journée	7
<i>Bibliographie</i>	7

1) Le séchoir à flux traversant CSec-T

Au cours des années 2000, le Cirad a conçu et développé le séchoir à flux traversant CSec-T pour améliorer le séchage de produits alimentaires solides de type granuleux comme les produits roulés (couscous, dégué, arraw...) ou les grains transformés (fonio précuit, sorgho germé...).

Le séchoir à flux traversant est constitué de 3 compartiments contenant chacun 4 claies superposées (figure 1). Il comprend un générateur d'air chaud (brûleur à gaz) et un ventilateur entraîné par un moteur électrique. Le séchoir est réalisé en bois contreplaqué et l'ensemble générateur d'air chaud est métallique.

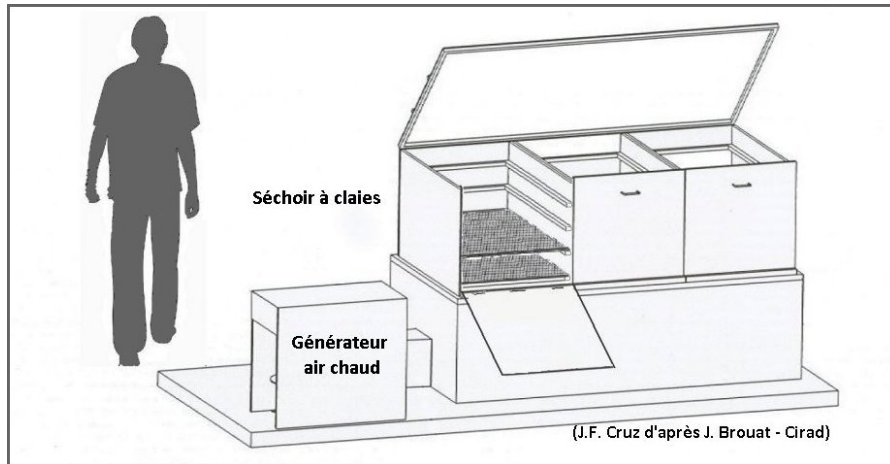


Figure 1. Le séchoir à flux traversant CSec-T

Chaque compartiment est équipé d'une porte qui donne accès aux différentes claies. Les claies sont constituées d'un cadre en bois et d'un grillage métallique galvanisé supporté par des raidisseurs. Chaque claie est recouverte d'un tissu de type voile ou popeline (débordant sur chaque bord de la claie) pour permettre de déposer le produit humide et de le récupérer lorsqu'il est sec.

L'air chaud propulsé par le ventilateur est introduit dans le séchoir par une gaine puis il traverse les différentes claies de bas en haut permettant ainsi le séchage du produit.

Le principe du séchoir à flux traversant est de créer un mouvement à contre-courant entre d'une part, le flux d'air chaud qui progresse de bas en haut dans chaque compartiment et d'autre part, le produit qui est progressivement déplacé de haut en bas par étapes depuis la position 4 des claies jusqu'à la position 1 (figure 2). En fonctionnement continu, le produit humide est étalé sur une claie qui est placée en position supérieure (4) dans le séchoir. Une fois le cycle terminé, le produit sec est retiré de la position 1.

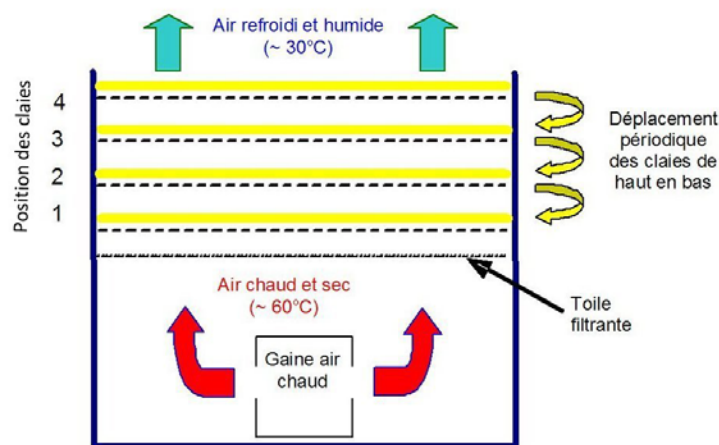


Figure 2. Schéma de principe du séchoir à flux traversant (© Marouzé, Cirad)

L'utilisation du séchoir nécessite la présence d'une personne pour contrôler l'humidité du produit sur la claie basse en position 1. Quand le produit est sec (par exemple 10 % b.h. pour le fonio), la claie en position 1 est retirée et chacune des 3 autres claies est descendue d'un niveau et la première claie retirée est rechargée en produit humide et placée en position 4.

Le flux d'air chaud traverse la masse de produit pour favoriser l'échange air-produit. Ces deux systèmes (contre-courant et air traversant la masse de produit) permettent d'utiliser toute la capacité évaporatoire de l'air chaud avec un air sortant du séchoir quasiment saturé en eau. La très bonne efficacité énergétique du séchoir permet ainsi de réduire la consommation en gaz par rapport aux autres types de séchoirs à gaz habituellement utilisés.

2) Réglages préalables

2.1) Réglage du débit d'air

Avant la première utilisation du séchoir, il faut étalonner le réglage du débit d'air. Pour chaque type de produit à sécher, il faut rechercher le débit maximum d'air devant traverser le séchoir. En effet, plus le débit est élevé et plus la capacité du séchoir est importante.

Néanmoins, un débit trop important risque de provoquer une fluidisation locale du produit en fin de séchage. Ce phénomène peut créer un passage préférentiel de l'air chaud au travers de la claie et entraîner une hétérogénéité dans le séchage, voire l'impossibilité de sécher certaines zones de la claie.



Photo 1. Grains de fonio en fluidisation locale (© Cruz, Cirad)

Pour déterminer le seuil de fluidisation d'un produit donné, il est nécessaire de procéder de la façon suivante :

- charger une claie avec du produit **sec** (4 à 5 kg)
- étaler en couche régulière (voir photo 4)
- disposer la claie en position supérieure du compartiment et fermer la porte,
- fermer la vanne de réglage de débit d'air,
- mettre en route le ventilateur (il n'est pas nécessaire de chauffer l'air),
- ouvrir progressivement la vanne de réglage de débit d'air tout en surveillant le comportement du produit sur la claie,
- observer le moment où les grains ou les granules commencent à entrer en fluidisation à un endroit de la claie (photo 1). C'est alors le signe que le débit d'air est trop important,
- refermer légèrement la vanne pour réduire le débit de telle manière que la «fluidisation locale» des grains ou granules s'arrête.
- noter et repérer la position de la vanne qui est alors la position de référence pour le produit considéré.

La même procédure peut être renouvelée pour chaque produit séché par l'entreprise.

2.2) Réglage de la température de l'air chaud

La température de l'air chaud à l'attaque du produit est indiquée par le thermomètre placé sur la gaine. Ce réglage doit être effectué après mise en route du ventilateur et après le réglage du débit d'air.

Pour régler la température, on peut agir sur la pression du gaz en utilisant un détendeur réglable. Plus la pression du gaz est élevée plus la puissance de chauffe est importante et la température de l'air élevée. Il faut généralement sécher à une température d'air de 60 °C. Il est possible de sécher à une température plus faible mais cela diminue les performances du séchoir.



Photo 2. Température de séchage (© Cruz, Cirad)

3) Fonctionnement du générateur d'air chaud

Le rôle du générateur d'air chaud est de récupérer la chaleur produite par un brûleur à gaz en assurant un mélange entre les fumées de combustion et l'air ambiant. Une tôle intermédiaire évite que le flux d'air principal n'éteigne la flamme du brûleur et une trappe permet de régler le débit d'air.

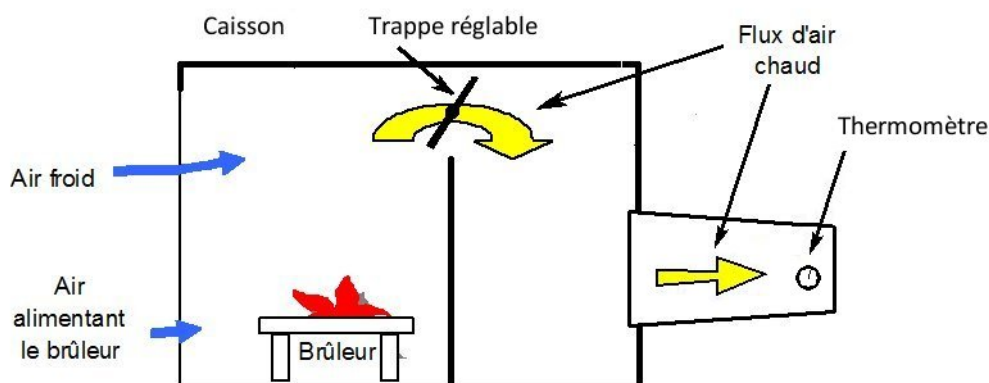


Fig. 3 : Schéma de principe du générateur d'air chaud

4) Préparation du produit à sécher et chargement des claies

Pour utiliser le séchoir CSec-T, il faut disposer d'une quantité suffisante de produit humide d'au moins 40 kg à 50 kg.

Le chargement d'une claie s'effectue de la manière suivante :

- Pour faciliter les manipulations, le tissu type popeline doit être plus grand que la claie (au moins 25 cm de plus sur les deux longueurs, soit 115 x 80 cm) de manière à permettre le recouvrement partiel du produit après sa mise en claie comme illustré en photo 3.



Photo 3. Recouvrement du produit par le tissu
(© M. Rivier, Cirad)



- Il est souhaitable de mettre toujours à peu près la même quantité de produit sur chaque claie. Cette quantité peut être mesurée au moyen d'un simple récipient (bassine...). Pour du fonio précuit on étale environ 7 - 8 kg de produit humide par claie.
- Le tissu doit être tendu sous le produit. Il faut bien remplir les bords de claies et les angles pour éviter les passages préférentiels d'air.
- Le produit doit être réparti le plus régulièrement possible sur les claies. A cet effet, il est pratique et recommandé d'utiliser une règle pour égaliser le niveau de produit comme cela est illustré en photo 4.

Photo 4. Utilisation d'une règle pour répartir le produit sur la claie (© C. Marouzé, Cirad)

5) Mise en route du séchoir

La mise en route du séchoir doit être effectuée en réalisant, dans l'ordre, les opérations suivantes:

- régler la position de la vanne de réglage de débit d'air préalablement identifiée (§ 2.1),
- charger deux claies par compartiment et les placer en position 1 (position la plus basse) et 2,
- mettre en route le ventilateur,
- mettre en route le brûleur (détendeur réglable) puis au bout de quelques minutes vérifier la température de l'air chaud dans la gaine et ajuster la position du détendeur. La température recommandée est de 60 °C,
- poursuivre le chargement des claies en position 3 et en position 4,
- surveiller le séchage de la claie en position 1.

6) Permutation des claies

Durant le séchage, il est nécessaire, de surveiller régulièrement l'humidité du produit des claies en position basse (niveau 1) de manière à déterminer le moment où le produit peut être considéré comme étant sec (humidité d'environ 10% pour du fonio précuit).

Lorsque le produit des claies de niveau 1 est sec, il faut :

- retirer la claie en position 1 et refermer la porte
- vider la claie 1 puis la recharger la claie en produit humide,
- retirer la claie en position 2, brasser le produit et la descendre en position 1,
- retirer la claie en position 3, brasser le produit et la descendre en position 2,
- retirer la claie en position 4, brasser le produit et la descendre en position 3,
- mettre la claie rechargée en produit humide en position 4 et refermer la porte.



Photo 5. Recharge d'une claie de produit humide en position 4 (© C. Marouzé, Cirad)

Pour du fonio précuit, la durée de séchage est de l'ordre de 2 heures soit une permutation toutes les 30 min.

Nota: Durant l'opération de permutation des claies les portes des compartiments ne doivent être ouvertes qu'un minimum de temps. Il faut en effet éviter que l'air chaud ne soit rejeté à l'extérieur sans traverser le produit au risque de diminuer le rendement du séchoir.

Ainsi, il faut veiller à bien refermer les portes durant le brassage du produit lorsque les claies passent d'une position à une autre.

7) Arrêt du séchoir en fin de journée

Il est toujours préférable de réaliser le séchage d'un lot de produit humide jusqu'à son terme. Il est déconseillé de reporter au lendemain une éventuelle finition du séchage.

Pour stopper le séchoir, il faut arrêter le brûleur puis quelques minutes plus tard le ventilateur. En effet, il est nécessaire de laisser tourner le ventilateur après l'arrêt du brûleur de manière à évacuer la chaleur accumulée dans le caisson et le ventilateur.

Bibliographie

Marouzé C., Cruz J-F., Rivier M. 2008. Equipements pour le séchage du fonio. Projet INCO Fonio. Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest. Cirad, Montpellier, 18 p.

Cruz J-F., Marouzé C., Rivier M., Méot J-M., Drame D., Diarra M., Tangara K., Yalcouyé D. 2008. Amélioration de la qualité du fonio. Développement de séchoirs. Poster *In* : La filière fonio en Afrique de l'Ouest. Cruz Jean-François (ed.). Cirad, Wageningen University, CRAW, IRAG, IER, CIRDES, ENDA-GRAF. Montpellier CIRAD, 1 p.

Rivier M. 2015. Essais de validation des séchoirs à flux traversant (CSec-T) et « serre solaire » (CSec-S). Projet Aval Fonio - Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique. Montpellier Cirad, 20 p.